

«Умная линия» в конкретном исполнении

Визит в компанию «Инфотэкс АТ»

Ю. Ковалевский, В. Мейлицев



«Индустрия 4.0», «Умное производство», или, в отечественной интерпретации, цифровизация экономики... Этими словами сегодня называют одно из слагаемых четвертой промышленной революции. Промышленная революция, в отличие от революции социальной, движется мелкими шагами, которые не видны современникам событий. Только потом, ретроспективно, значение каждого из таких шагов, роль тех новаторов, благодаря которым они состоялись, оцениваются по достоинству – да и то лишь некоторыми историками и эрудитами, или глубокими специалистами в той области, где в прошлом произошло то или иное свершение. Многие ли помнят француза Папена, англичанина Ньюкомена, нашего соотечественника Ползунова? А ведь их работы предшествовали изобретению Уайта, создавшего практически пригодную паровую машину, которая стала одним из ключевых факторов первой промышленной революции – перехода от преимущественно аграрной модели экономики к индустриальной.

Четвертая промышленная революция отличается от предыдущих тем, что она предсказана, основные ее черты подробно описаны. Это дает возможность следить за ее развитием, искать и находить те самые мелкие шаги, совокупность которых изменит мир. Поэтому мы не могли не откликнуться на известие о том, что в Группе компаний Остек создан комплекс «Умная линия» – один из шагов на пути развития производственных киберфизических систем. Узнав, что комплекс устанавливается на сборочно-монтажную линию екатеринбургского предприятия «Инфотэкс АТ», мы отправились туда.

Прежде всего надо было понять, что представляет собой предприятие, решившее принять «Умную линию» в эксплуатацию. Об этом нам рассказал директор ООО «Инфотэкс АТ» Павел Александрович Кораблёв.

Павел Александрович, расскажите о продукции вашего предприятия.

Предприятие ООО «Инфотэкс АТ» существует с 1988 года. Мы специализируемся на разработке и выпуске электронной техники для железных дорог. На сегодняшний день в России установлено порядка 6 тыс. наших систем, есть они и в других странах бывшего СССР – Белоруссии, Казахстане, Украине, Грузии, Армении, Узбекистане, Таджикистане, Туркменистане.

У нас две основные темы. Наиболее массово выпускаются системы контроля перегрева буксовых узлов подвижного состава. Перегрев буксового узла – очень опасное явление: разрушение подшипника колесной пары чревато тяжелой аварией или даже катастрофой.

Существуют два варианта установки контрольной системы. По первому она монтируется на подвижном составе. Второй вариант подразумевает установку аппаратуры на железнодорожных путях, он наиболее распространен в мире, а в России вообще применяется только он. Вот эту аппаратуру мы разрабатываем и производим. Называется она КТСМ – комплекс технических средств многофункциональный для диагностики ходовых частей железнодорожного подвижного состава.

Комплекс состоит из двух напольных камер, стойки с системой обработки сигналов и соединительных кабелей. Комплексы располагаются вдоль пути на расстоянии

20–50 км друг от друга – в зависимости от ряда факторов, главным из которых является напряженность движения. Камеры устанавливаются непосредственно на подшвы рельса и измеряют ИК-излучение, исходящее от буксовых узлов проходящего состава. Сигнал передается в стойку электроники, установленную рядом с железнодорожным полотном в кирпичной будке, или, в более современном варианте, в сварном модуле заводского изготовления.

Ваша аппаратура – это внушительных размеров стойки с большим числом разнотипных электронных модулей. Неужели измерение температуры – такая сложная задача?

Действительно, казалось бы – обычный термометр. На деле всё, конечно, гораздо сложнее.

Болометрический датчик камеры выдает слабый аналоговый сигнал, который усиливается, фильтруется и преобразуется в цифровую форму. Кроме того, у камер есть режим автокалибровки – после каждого поезда камера проверяет и, при необходимости, корректирует параметры своего измерительного тракта. Так что электроники достаточно и в камере, причем она работает в очень сложных условиях. Прикрепленная к рельсу камера воспринимает все достающиеся ему ударные и вибрационные нагрузки. Уже по нормативам ускорение этих нагрузок немалое – до 40 g, а на старых, изношенных путях наши замеры иногда показывали ускорение свыше 100 g. Добавьте к этому зимние и летние температуры, весеннюю и осеннюю влажность, снег, иней, загрязнения, неизбежные в воздухе вокруг железной дороги. Понятно, что конструкция камеры должна быть очень надежной, что, в числе прочего, зависит и от качества монтажа печатных плат ее «начинки».

Стойка в своем модуле находится в более благоприятных условиях, хотя температура и влажность актуальны и для нее. Но у электроники в стойке куда более сложные и многочисленные задачи.



Аппаратура КТСМ: слева – комплект стойки КТСМ-02; справа – один из модулей аппаратуры в процессе сборки



Производство электронных узлов. Вверху: рабочие места ручного монтажа; в середине: автоматизированная сборочная линия; внизу: слева – рабочее место подготовки питателей, справа – установка ультразвуковой отмытки печатных узлов Miniclean компании PBT Works

они рассчитаны в основном на радиальную нагрузку. Теперь применяются так называемые кассеты – радиально-упорные подшипники с коническими роликами; в этом случае к радиальной нагрузке добавляется осевая. Естественно, тепловая картина для каждого типа подшипника своя. Правильное значение температуры можно вычислить, только понимая, с каким типом подшипника мы имеем дело, этим занимается специальный, весьма сложный алгоритм.

Далее. Системы комплектуются камерами разной конструкции, с разной ориентацией, разным расстоянием до проносящегося мимо буксового узла – от 40 до 70 см; это тоже нужно учитывать. В разные сезоны температуру надо измерять по-разному. Плюс то явление, которое мы между собой называем «весенним обострением»: состояние смазки в буксах зависит не только от температуры, но и от ее перепадов, и особенно сильно эти эффекты проявляются при переходах температуры через 0°. А весной металл рельса может ночью остывать до температур ниже –20 °С, а днем, под солнцем – существенно нагреваться. Для внесения поправок на эти явления существуют различные алгоритмы, в том числе термокоррекция.

Информацию с камер надо, во-первых, сохранить, во-вторых – обработать. Камеры передают на стойку непрерывный поток информации – следовательно, надо решить задачу выделения участков записи, соответствующих каждому буксовому узлу. При этом узлы бывают разные. В более старой конструкции буксы используются подшипники с цилиндрическими роликами,

происхождения – например, просадки напряжения сети. Напольными камерами надо управлять – запускать режим автокалибровки, включать обогрев, открывать и закрывать сдвижную заслонку. Еще одна задача стойки – передача данных в сеть для использования в АСК ПС – централизованной автоматизированной системе контроля подвижного состава.

Поэтому в наших стойках так много электроники: несколько процессоров, устройства цифровой связи, БУНК (блок управления напольными камерами) и еще целый ряд модулей, выполняющих различные функции.

А что представляет собой вторая группа аппаратуры?

Второе направление – системы диагностики технических средств – СДТС. Их функция – диагностика устройств сигнализации, централизации и блокировки. Это те устройства, которые управляют стрелками, светофорами и т. п., а мы их контролируем.

Надо понимать, что речь идет не о контрольно-проверочной аппаратуре, которая периодически подключается к объекту контроля для его автономной проверки. Наши изделия работают постоянно, осуществляя, фактически, непрерывный мониторинг параметров «подшефной» системы. Они стационарные, устанавливаются в так называемых релейных помещениях – ведь контролируемая аппаратура раньше вся состояла из электромагнитных реле. Условия функционирования в отапливаемых помещениях, конечно, помягче, чем условия работы КТСМ, но задач, определяющих ее сложность, тоже хватает. Диагностической аппаратуре приходится работать не только с цифровыми данными, но и с дискретными – командами (положениями реле), а также с аналоговыми – сопротивление изоляции, уровни напряжений и т. п. Алгоритмы в процессорах анализируют собранные данные для решения главной задачи: предупреждения о возможном отказе с указанием того узла, компонента или жгута, в котором он может произойти.

Каковы объемы выпуска продукции?

В наиболее удачные времена годовой выпуск доходил до 1000 комплектов КТСМ, сейчас он составляет примерно 220 комплектов в год. Что касается систем диагностики, то поступление заказов на них предсказать невозможно.

Что побудило вас пять лет назад приобрести линию автоматизированного монтажа?

Мы решили отказаться от заказов у контрактных производителей по двум причинам. В какой-то момент просто стало понятно, что те средства, которые мы отдавали поставщику плат, лучше оставить внутри компании. Тогда количество заказов было вполне достаточным, чтобы мы могли позволить себе выделение средств на модернизацию производства.

Но главное – нас перестало удовлетворять качество получаемых плат, а оно критически важно для такой ответственной продукции, как наша. Мы ведь могли проверять платы только внешним осмотром, а потом уже на

заключительных этапах – при проверке функционирования, и далее – в ходе 72-часового прогона в составе стойки. Проведен монтаж компонентов, механическая сборка модулей, потрачены средства и время – и тут выясняется, что печатная плата изготовлена с дефектом. К тому же производитель плат не всегда соглашался, что модуль не работает из-за его брака. Поэтому дилемму: организовать полноценный входной контроль плат или запустить линию поверхностного монтажа – мы решили в пользу второго варианта.

Еще один плюс от наличия автоматизированной линии: из цикла разработки исключены макетные образцы, собранные проводным монтажом на универсальных макетных платах. Теперь по схеме, созданной при помощи системы автоматического проектирования, изготавливается сразу прототип будущего модуля на штатной печатной плате.

Полтора года назад вы приобрели установку полуавтоматической рентгеновской инспекции...

Это сделано для обеспечения качества продукции и надежности технологического процесса. В продолжение той же тенденции недавно приобретена установка автоматической оптической инспекции (АОИ); сейчас она работает как отдельно стоящая, мы ее осваиваем. Дальше – посмотрим, может быть, поставим в линию.

И самое последнее наше мероприятие, совместное с Остеком, – установка программно-аппаратного комплекса «Умная линия» – предпринято с той же целью – обеспечить качество изделий, стабильность и управляемость производственного процесса.



В лаборатории тестирования. Справа от рабочего места инженера-испытателя – стеллаж с испытательным оборудованием, далее – два комплекта стойки КТСМ-02



Контроль качества изготовления печатных узлов. Слева: АРИ Phoenix Microtelx DXR-HD, справа АОИ Viscom s3088 Ultra blue

конвекционной системы пайки оплавлением Ersa Hotflow 2/12. В начале и конце линии установлены, соответственно, загрузчик и разгрузчик Nutek. Оптическая инспекция, как вы уже знаете, пока используется автономно, вне линии.

А что потом? Вы думали о дальнейшем движении в плане развития производства в направлении цифровой экономики?

Я не считаю себя консерватором, но на эту тему не стал бы говорить что-то определенное. Те проявления цифровизации экономики, с которыми я сталкивался до сих пор в ходе своей работы, не вызывают энтузиазма. Я – сторонник подхода, который можно обозначить как разумная эффективность: развиваться надо до тех пор, пока виден эффект от предпринимаемых шагов. Давайте сначала освоим АОИ, поработаем с «Умной линией» – а потом посмотрим.



Василий Афанасьев

Поскольку целью нашего визита было не столько техническое оснащение производства само по себе, сколько знакомство с комплексом «Умная линия», в цехе роль гида взял на себя директор по развитию ООО «Остек-СМТ» Василий Михайлович Афанасьев.

Василий Михайлович, прежде чем говорить об «Умной линии», давайте

те уточним состав оборудования, для работы с которым предназначается этот программный комплекс.

Конкретная линия поверхностного монтажа состоит из автомата трафаретной печати DEK HORIZON03iX; инспекционного конвейера Nutek 1NTM 510ICL; автомата установки компонентов поверхностного монтажа Samsung SM 421; рабочей станции с конвейером Nutek NTM 530WSL;

Вопрос общего характера: почему Остек вообще взялся за разработку «Умной линии»?

У «Умной линии» был предшественник, появление которого стало следствием нашего понимания кадровой проблемы активно модернизирующейся отрасли. Оператор в ходе профессионального обучения, в ходе работы на технике приобретает знания, опыт, понимание деталей процесса и – уходит на повышение, именно потому, что он всем этим овладел. На его место приходит человек, которому, фактически, надо начинать все с начала.

Так и получается, что большинство рабочих мест у технологических линий занято людьми, подготовленными не лучшим образом. И мы создали программно-аппаратный комплекс «Умный помощник»: стойка с монитором, в которой хранится база данных, собравшая весь опыт экспертов в этой области технологий, обобщенный и структурированный специалистами Остека. При возникновении дефекта его надо найти в справочнике, и система выдаст информацию по возможным причинам его возникновения и варианты действий для ликвидации.

Уже заканчивая работу над «Умным помощником», мы поняли, что этого недостаточно. Зачем заставлять пользователя формулировать характер дефекта, искать его в обширной базе данных? Это ведь тоже требует определенной квалификации, которой может и не быть. Система сама должна собирать информацию со станков в линии, сама ее обрабатывать и в результате выдавать пользователю варианты решения проблемы – сама, на основе данных, собранных с оборудования.

Фактически, это и было рождением идеи «Умной линии». «Умный помощник» был доведен до стадии законченного продукта, но продвигать его мы не стали. Финальная точка его развития стала отправным пунктом создания более совершенной автоматизированной системы.

Современное оборудование генерирует огромное количество данных о проходящих в нем процессах. Но до них очень трудно добраться, и практически потребитель



Состав оборудования линии поверхностного монтажа. Вверху: слева – автомат трафаретной печати DEK HORIZON03iX, за ним – инспекционный конвейер Nutek 1NTM 510ICL, справа – автомат установки компонентов Samsung SM 421 и рабочая станция с конвейером Nutek NTM 530WSL; внизу – конвекционная система пайки оплавлением ERSA Hotflow 2/12



Так же и «Умная линия». Ее задача – собрать всю возможную информацию с оборудования, систематизировать ее и представить пользователю в самой удобной именно для него форме. Мало того: «Умная линия» должна помогать поддерживать технологический процесс, то есть на основании собранных данных систематизировать дефекты, распознавать признаки развития неблагоприятных ситуаций и затем формировать предупреждения для персонала и советы по недопущению сбоев процесса или действиям по их устранению.

Но ведь подобными разработками занимаются и компании – производители техники. Почему Остек счел необходимым создать свой вариант?

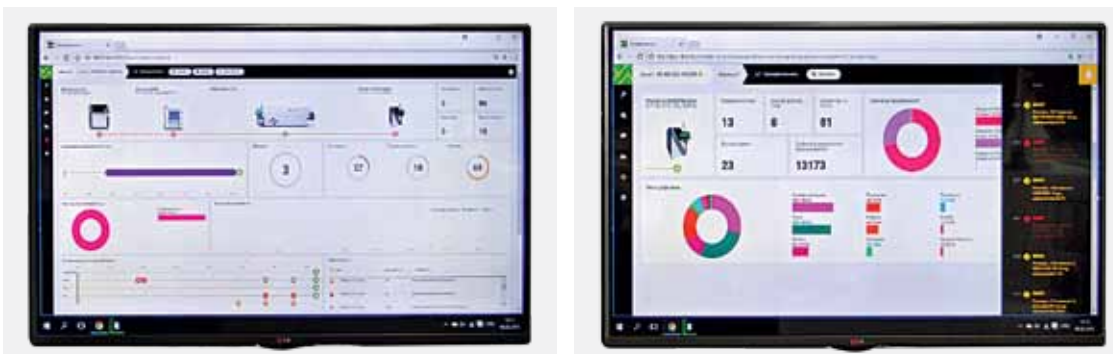
Да, такие системы предлагают и Universal Instruments, и Yamaha, и многие другие. Но это системы, ориентированные на оборудование данного производителя. Наша же система принципиально «брендонезависима», она позволяет собрать под единой оболочкой оборудование от разных производителей.

Почему для первой реализации «Умной линии» была выбрана компания «Инфотэкс АТ»?

Это не первая реализация. Первый комплект аппаратуры и ПО, так сказать, версия для α -тестирования, был установлен на одной из линий компании

использует едва ли 20% – при том, что при покупке машины он заплатил за все 100%.

Можно привести аналогию с мобильным телефоном. Последнее поколение кнопочных телефонов имело очень богатый функционал, сравнимый с функционалом современных смартфонов. Но воспользоваться всеми возможностями было очень трудно – если помните, даже текстовые сообщения набирать на клавиатуре довольно неудобно. И только появление смартфонов с сенсорным экраном, который предоставляет несравненно большее удобство доступа ко всем приложениям и функциям аппарата, позволило действительно актуализировать все его ресурсы.



Идет отладка диспетчерского экрана «Умной линии»



Варианты информационных блоков главного монитора линии

«ПСБ технологии». «Инфотэкс» же привлек нас тем, что они ожидают наибольшей пользы от самой, пожалуй, интересной части комплекса – той, которая анализирует техническую сторону производственного процесса и выдает технологу рекомендации по поиску причины дефекта и предупреждения о развитии потенциально опасных ситуаций. Этот аспект применения системы важен и для нас: с одной стороны, в нем воплощается весь опыт Остека и наши предыдущие «умные» наработки, с другой – очень важно оценить эффективность комплекса как средства оказания помощи специалистам в поиске причин брака, его минимизации и, в целом, в поддержании высокой надежности технологического процесса.

Из чего состоит комплекс «Умная линия»?

«Умная линия» представляет собой совокупность трех составляющих: собственно технологическое оборудование – станки в сборочной линии; периферийное оборудование для хранения, обработки информации и ее отображения, в том числе в удаленном доступе; и, самое главное, алгоритмическая аналитическая система, производящая сбор данных с технологических установок, организацию их в виде СУБД и экспертный анализ происходящих в оборудовании

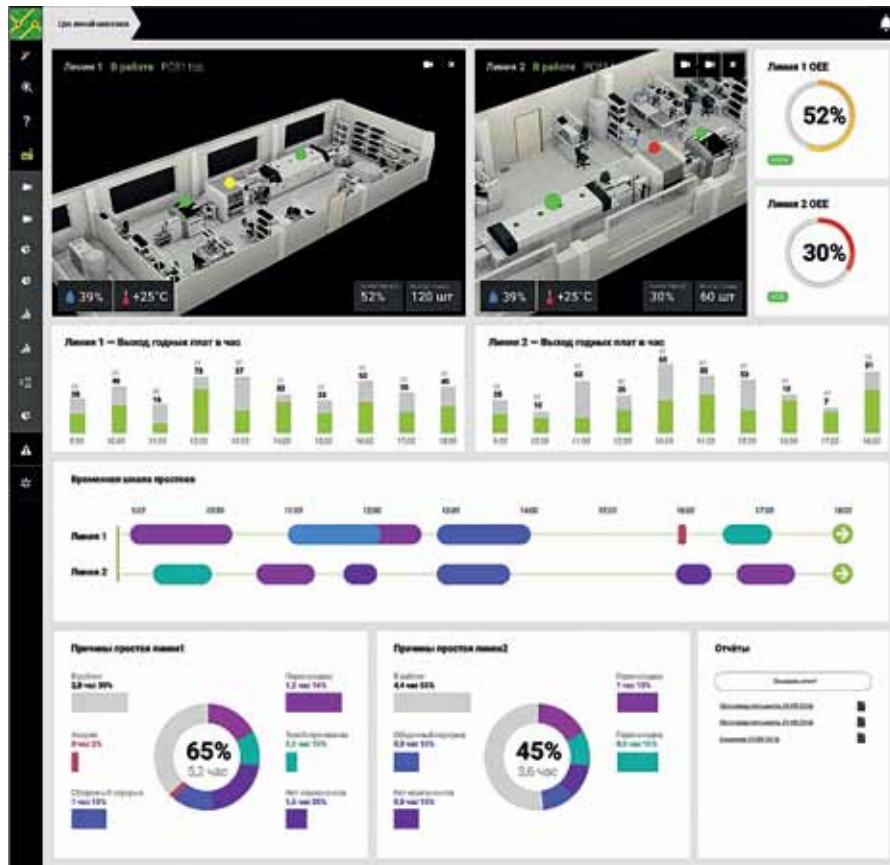
процессов с формированием рекомендаций по преодолению негативных ситуаций.

Информация, предоставляемая пользователям, как-то ранжирована?

Мы делим ее на четыре категории: текущая информация, аналитическая, оперативная и экспертная.

Текущая информация – это мониторинг состояния выполнения работ и статуса оборудования в каждый данный момент времени. Эта информация выводится на главный монитор линии и на панель диспетчера.

На главном мониторе линии отображается самая основная информация о ходе и результатах производственного процесса. Графика укрупненная, с расчетом на читаемость с любого рабочего места линии. Предусмотрено несколько информационных блоков, содержащих по-разному сгруппированные и в разной



Диспетчерская панель



Пример экрана аналитической информации на рабочем месте специалиста: вкладка «Производительность»

форме представленные данные. Блоки можно вызывать по мере надобности, а можно включить режим их чередования – нечто подобное слайд-шоу.

Диспетчерская панель располагается прежде всего на рабочем месте диспетчера, она также может быть размещена в кабинете руководителя, начальника цеха, начальника производства, у технологов – у всех, кому нужна выводимая на нее информация. Эта информация значительно более детализирована по сравнению с главным монитором линии, здесь индицируются рабочее и нерабочее состояния оборудования; общая эффективность работы линии (показатель ОЕЕ), почасовой выход годных, временные интервалы простоя линии и его причины.

На диспетчерской панели показаны выход годных, причины

простая... Разве это не аналитическая информация?

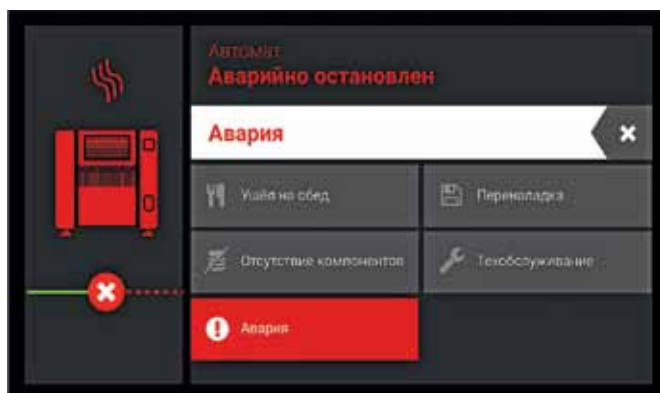
Информация, которую мы называем аналитической, отображается на терминалах рабочих мест специалистов. Она еще более детализирована, иерархически организована, пронизана взаимосвязями и снабжена удобным механизмом управления доступом. Ее экраны построены на виджетах, которые можно удалять, заменять на другие, перемещать, формируя изображение «под себя», организуя индивидуальные настройки доступа и собственный пул отображаемых данных. Аналогичный подход реализован на всех панелях системы, но для рабочих мест специалистов такое решение наиболее актуально.

Любая из основных вкладок аналитической информации может служить начальной точкой разветвленного поиска самой подробной информации по интересующему вопросу. Кликнув на нужном участке экрана, можно перейти на вкладку



Детализация информации по автомату установки компонентов.

Отображены коэффициент загрузки, время и причины простоев, ошибки, события, время цикла



Меню для ввода причины простоя

следующего уровня с детальными данными по каждой единице оборудования, получить отчет за нужный период времени и т. д.

Факт простоя той или иной машины известен из данных, генерируемых самой машиной. Но как программа узнает о причине простоя?

Ввести причину обязан оператор. У него есть планшет, на котором отображается перечень возможных причин простоя. Если никакая из них не подходит, оператор вводит собственный вариант объяснения. На основании этой информации система строит сводную диаграмму, в которой все простои зафиксированы, размещены на временной шкале и сгруппированы по причинам возникновения. В дальнейшем может быть получена статистика за длительный период времени – неделю, месяц, год.

Какую информацию вы относите к категории оперативной?

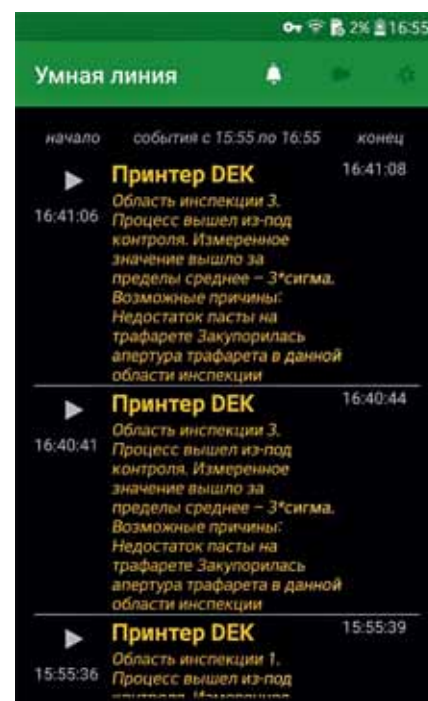
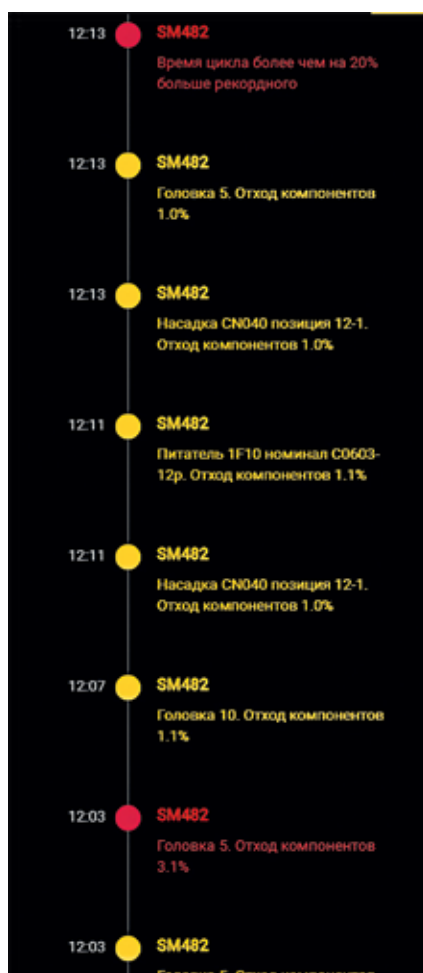
Оперативная информация – это уведомления о событиях в линии, которые требуют вмешательства человека. Система формирует их автоматически и в режиме реального времени передает пользователям. Оперативная информация сопровождается цветовой маркировкой: желтый цвет свидетельствует о том, что параметры контролируемого процесса лежат в допустимых пределах, красный – сигнализирует о выявлении проблемы. Например, по трафаретному принтеру может

прийти сообщение о том, что измеренная величина дозы паяльной пасты ниже допустимой. Тут же можно получить сведения о возможных причинах события: закупорка апертуры трафарета, низкая вязкость пасты, недостаточное усилие прижима ракеля и т. д.

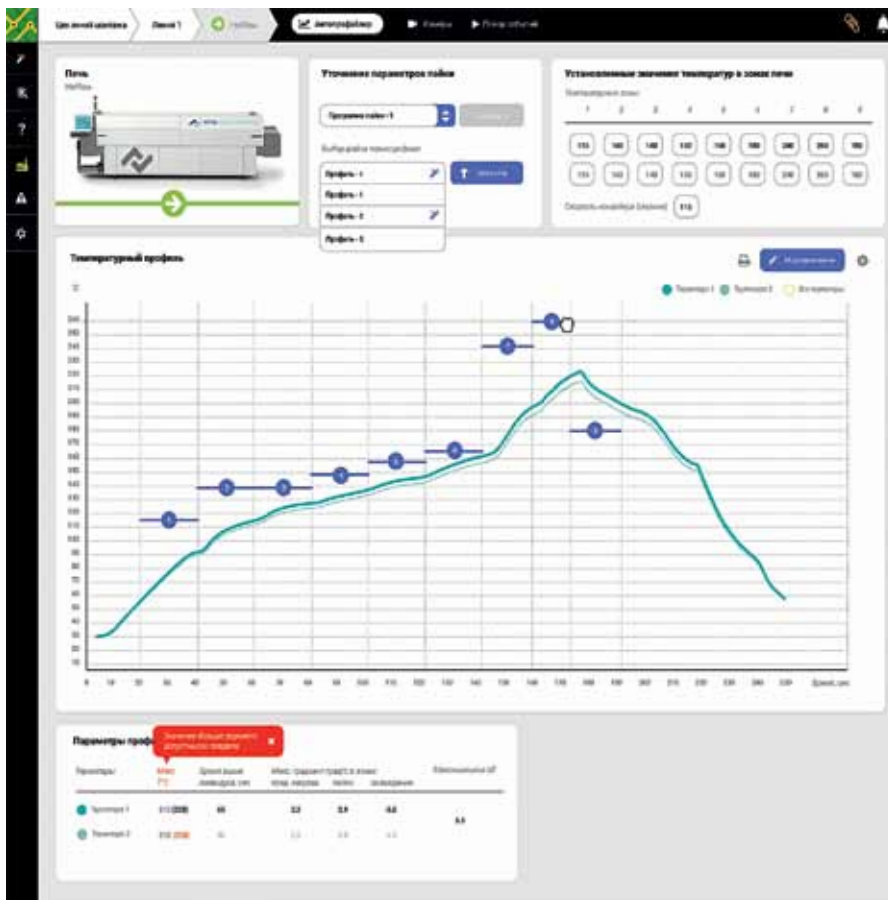
Более того, аналитическая система формирует предупреждения о негативной тенденции. Применительно к тому же недостатку паяльной пасты это значит, что ею будет замечено постепенное уменьшение количества пасты на контактных площадках по сравнению с расчетным, оператор получит уведомление об этом и будет иметь время для принятия мер по предотвращению развития тенденции до уровня отказа технологического процесса.

Осталась категория экспертной информации...

Эта категория дает много интересных возможностей. Так, к ней относится регулярно обновляемая база знаний по основным технологическим операциям и материалам, там можно найти нужную справочную информацию. Составлен систематизированный список возможных при сборке дефектов, даны подробные описания всех операций сборочно-монтажного производства.



Уведомление о событиях в линии: слева – по установщику компонентов; справа – по автомату трафаретной печати. Обратите внимание: правое изображение – скриншот приложения для мобильного телефона



Подстройка термопрофиля. Передвигая вверх-вниз синие «самолетики», имитируют температуру в каждой из зон печи для конкретной платы, полученное значение отображается цифрами в верхнем правом окне экрана. В том же окне можно варьировать скорость движения конвейера

Другая разновидность экспертной информации – технологические помощники. Например, модуль автопрофайлинга. Модуль позволяет настроить температурный профиль процесса оплавления паяльной пасты в точном соответствии с характеристиками конкретного печатного узла.

После ввода параметров печатного узла – количество слоев и толщина печатной платы, информация о теплоемких и термочувствительных компонентах, а также компонентах с малым шагом – модуль рекомендует один из хранящихся в базе знаний температурных профилей. Настроив печь на этот профиль, производят прогон узла вместе с термошаттлом и снимают

с последнего кривую реально полученного профиля. Обычно он не совпадает с рекомендованным, и тогда в системе производится его подстройка путем регулирования скорости движения конвейера и температуры в каждой из зон печи.

Хотелось бы понять возможности «Умной линии» в части анализа причин отказов.

На экране анализа выбирается интересующий оператора период времени, и он получает общее число отказов за этот период и диаграммы, показывающие долю каждого из видов отказа – перемычка, дефект пайки, компонент на ребре и т.п. Следующее действие – выбор вида отказа, по которому желательно получить уточняющую информацию. Это делается кликом по соответствующему участку диаграммы, в результате чего на экране появляется распределение числа отказов по разным критериям: функциональным группам компонентов (резисторы, микросхемы и т.п.), типам корпусов, номиналам. Наконец, выбрав одну из категорий объектов в этой линейке, пользователь получает, во-первых, общую



Окно анализа причин отказов. Выбраны: тип отказа – дефект пайки; категория объекта – микросхемы (SOIC). В нижнем окне перечислены наиболее вероятные причины отказа

оценку степени угрозы проявления данного дефекта именно в этой категории и, во-вторых – перечень возможных его причин с процентами вероятности их актуальности.

Экспертная система также формирует отчеты по выбранному показателю: производительности, качеству продукции и т. д.

Возвращаясь к оборудованию, с которым вы здесь работаете: его состав минимален, даже АОИ не соединена с общим конвейером. Насколько эффективной будет здесь «Умная линия» – для вас, для производственников?

То оборудование, которое здесь имеется, дает возможность отработать в реальном производственном процессе множество функций нашего комплекса. Вы упомянули АОИ. Да, при ее нахождении вне линии мы не можем видеть образующиеся дефекты в реальном времени. Но саму функцию их выявления проверить можно: даже если партия плат, проверяемых сегодня, была изготовлена вчера, признаки развития предпосылок к дефекту будут зафиксированы, и их можно подать на вход соответствующего алгоритма. То же относится к выявлению преимущественного характера дефектов и большинству других задач, связанных с оптической инспекцией.

Собственно, таков же смысл этой работы для специалистов предприятия. Они тоже будут осваивать

и анализировать функционал комплекса, только со своей точки зрения – в плане полезности для решения своих задач, удобства использования и соответствия сложившейся практике управления производством и работы на технологическом оборудовании.

Влияют ли особенности конкретной производственной линии на какие-то настройки вашего комплекса?

Обязательно. «Умная линия» – не пакетный продукт и в принципе не может им быть. Ведь каждая линия имеет свои особенности, в первую очередь по составу оборудования. У комплекса есть неизменное ядро, вокруг которого, как из кубиков, собирается целевая для данного заказа конфигурация.

Традиционный вопрос в завершение: что дальше?

У нас подписано несколько контрактов, выполнение которых начнется в ближайшие полгода. С другой стороны, сама система находится в развитии, есть много направлений, в которых будет расширяться и улучшаться ее функционал. Что-то на стадии задумок, что-то уже в серьезной проработке. Уже на выставке ЭлектронТехЭкспо-2018 мы представим ряд новых функций комплекса. Всё в полном соответствии с девизом ГК Остек: «Будущее создается».

Спасибо за интересный рассказ.